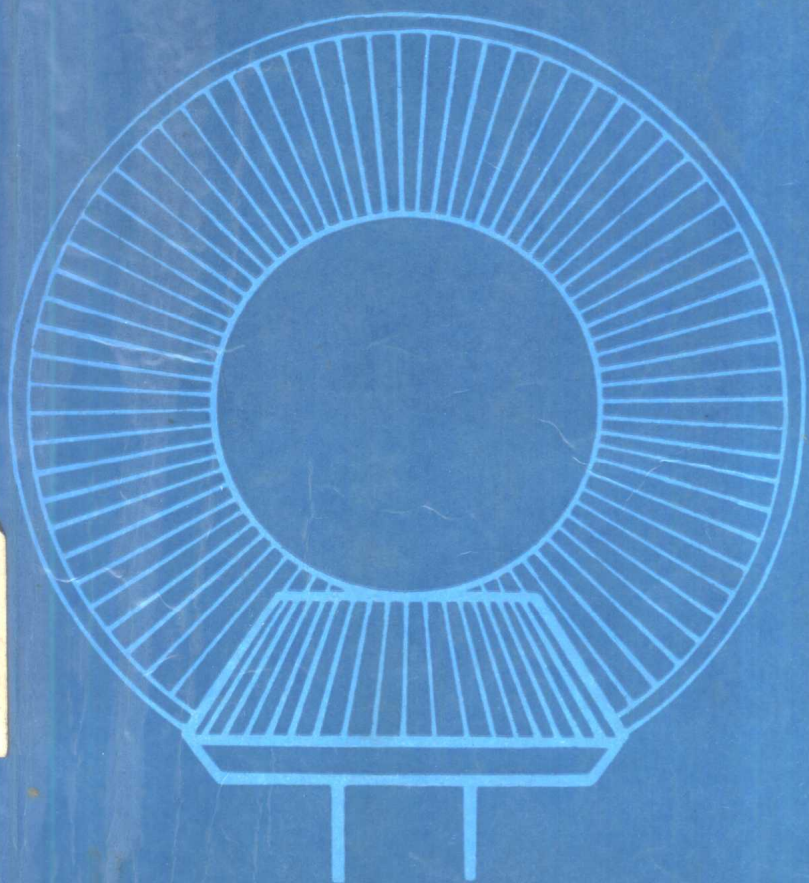


高等学校教材

# 机械设计

【第五版】

西北工业大学机械原理及机械零件教研室 濮良贵 主编



高等教育出版社

限  
期前

高等学校教材

# 机械 设计

第五版

西北工业大学机械原理及机械零件教研室

濮良贵 主编

高等教育出版社

本书是在西北工业大学机械原理及机械零件教研室编、濮良贵主编《机械零件》(1982年修订本)的基础上,在满足国家教育委员会1987年审订的“机械设计(原机械零件)课程教学基本要求”的条件下修订而成的。

全书共分五篇(十八章):第一篇总论;第二篇联接;第三篇机械传动;第四篇轴系零部件;第五篇其他零部件。

本书主要用作高等工业学校机械类专业的教材,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。

本书第四版(即1982年修订本)在1987年国家教育委员会举办的全国优秀教材评选中获国家优秀奖。

高等学校教材

机 械 设 计

第 五 版

西北工业大学机械原理及机械零件教研室

濮良贵 主编

高等教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

人民教育出版社印刷厂印装

开本 787×1092 1/16 印张27.25 字数620 000

1960年8月第1版 1989年8月第5版 1989年8月第1次印刷

印数0001— 14 100

ISBN7-04-002277-X/TH·204

定价5.95元

## 序

本书自1960年出版以来,在广大师生、工程技术人员和各有关部门同志的关注与爱护下,经过1961、1962、1982年和这次修订,现在以第五版和读者们见面了。

本版是在1982年修订本(即第四版)的基础上,在满足国家教育委员会1987年批准印发的“机械设计(原机械零件)课程教学基本要求”规定的内容的条件下,结合很多师生的使用意见及社会读者的建议修订而成的。

这次修订,注意进一步精选内容,突出本课程所必需的基本知识、基本理论和基本方法,以利大多数师生能在规定的课内外学时范围内,把本课程的基本内容教好学好。同时也增加或保留了少量扩展性的内容,以供学有余力的学生参考。

这次修订,主要进行了以下几项工作:

1. 加强了机械的总体设计知识及现代设计方法的介绍。
2. 调整了少数章节的次序,如齿轮传动一章中,集中讲完直齿圆柱齿轮后才讲其他类型的齿轮,以便突出学习重点和及早安排习题或作业。
3. 根据现行标准修改了一些图表和数据。
4. 考虑到一些院校安排在本课程的教学过程中培养学生电算能力的需要,选定在齿轮传动一章末补充了编写电算程序时所需的资料。
5. 考虑到现在机械设计手册的供应已较普遍,删去了原书的附录I“机器常用的润滑、密封方法及装置”。
6. 更正了原书文字、插图及计算中的疏漏和印刷中的错误。

另外,还须说明以下几点:

1. 本教材主要适用于高等工业学校机械类专业,也可供其他有关专业的师生和工程技术人员参考。
2. 本教材章节次序的安排不代表教学的必然顺序,各校可根据教学经验结合具体情况自行机动调整。
3. 本教材采用的设计计算方法,是从技术基础课本身的性质出发,使学生通过一种基本的方法去掌握设计计算的基本理论和技能,因而不可能与各类专业设计中使用的方法和数据完全符合。故在进行具体专业产品和设备的设计时,应分析情况,区别对待。
4. 本教材所引用的有关标准、规范、数据、资料等,仅择取与阐明问题密切有关的部分,详细的数据及资料等可另查阅有关手册,在实际设计时,均应以当时的现行标准、规范为依据。
5. 本教材所用的符号(包括已按惯例采用的国际上通用的符号),各章自成体系。同一符号

在不同的章里代表不同的意义时,均已及时作出相应的说明。

6. 本教材使用的计量单位,除特殊情况另有说明者外,均根据我国1986年5月颁布的“量和单位”的标准(GB 3100~3102—86)。

参加本书修编工作的有濮良贵、王步瀛、李东紫、沈允文、纪名刚、周延海、张富洲、张永才、陈庚梅同志,并由濮良贵同志担任主编。

本书经国家教育委员会高等工业学校机械基础课程教学指导委员会机械设计课程教学指导小组委托华中工学院余俊同志审阅全稿,提出了很多宝贵的意见;许多院校师生、工程技术人员和社会读者写来了热情而中肯的建议,都对提高本书质量给予了很大的帮助,编者在此一并致以衷心的感谢!

最后,由于编者的水平和时间所限,误漏之处在所难免,殷切期望广大读者随时予以批评指正。

编 者

1988年11月于西安

# 目 录

序..... i

## 第一篇 总 论

<b>第一章 绪论</b> ..... 1	§ 2-10 机械零件设计中的标准化..... 22
§ 1-1 机器在经济建设中的作用..... 1	§ 2-11 机械零件现代设计方法简介..... 23
§ 1-2 机器的基本组成要素..... 1	<b>第三章 机械零件的强度</b> ..... 35
§ 1-3 本课程的内容、性质与任务..... 2	§ 3-1 强度计算中的基本定义..... 35
<b>第二章 机械及机械零件设计概要</b> ..... 4	§ 3-2 安全系数与许用应力..... 36
§ 2-1 机器的组成..... 4	§ 3-3 静应力时机械零件的强度计算..... 38
§ 2-2 设计机器的一般程序..... 5	§ 3-4 变应力时机械零件的强度计算..... 40
§ 2-3 对机器的主要要求..... 9	§ 3-5 机械零件的接触强度..... 50
§ 2-4 机械零件的主要失效形式..... 11	本章附录..... 51
§ 2-5 设计机械零件时应满足的基本要求..... 12	习题..... 57
§ 2-6 机械零件的计算准则..... 14	<b>第四章 摩擦、磨损及润滑概述</b> ..... 58
§ 2-7 机械零件的设计方法..... 16	§ 4-1 摩擦..... 58
§ 2-8 机械零件设计的一般步骤..... 17	§ 4-2 磨损..... 62
§ 2-9 机械零件的材料及其选用原则..... 18	§ 4-3 润滑..... 65

## 第二篇 联 接

<b>第五章 螺纹联接和螺旋传动</b> ..... 77	<b>第六章 键、花键、无键联接和销联接</b> ..... 123
§ 5-1 螺纹..... 77	§ 6-1 键联接..... 123
§ 5-2 螺纹联接的类型和标准联接件..... 79	§ 6-2 花键联接..... 128
§ 5-3 螺纹联接的预紧..... 83	§ 6-3 无键联接..... 131
§ 5-4 螺纹联接的防松..... 85	§ 6-4 销联接..... 133
§ 5-5 单个螺栓联接的强度计算..... 87	习题..... 134
§ 5-6 螺栓组联接的设计..... 94	<b>第七章 铆接、焊接、胶接</b>
§ 5-7 螺纹联接件的材料及许用应力..... 103	<b>和过盈配合联接</b> ..... 136
§ 5-8 提高螺栓联接强度的措施..... 105	§ 7-1 铆接..... 136
§ 5-9 螺旋传动..... 111	§ 7-2 焊接..... 139
习题..... 121	§ 7-3 胶接..... 144
	§ 7-4 过盈配合联接..... 148
	习题..... 155

### 第三篇 机械传动

<b>第八章 带传动</b> .....162	§ 10-5 标准直齿圆柱齿轮传动的 强度计算 .....218
§ 8-1 带传动的类型 .....162	§ 10-6 齿轮传动的设计参数与许用应力 .....223
§ 8-2 带传动工作情况的分析 .....165	§ 10-7 齿轮传动的精度、 强度计算说明及公式表 .....227
§ 8-3 V带传动的设计计算 .....170	§ 10-8 标准斜齿圆柱齿轮传动的强度计算 .....232
§ 8-4 V带轮设计 .....178	§ 10-9 标准圆锥齿轮传动的强度计算 .....240
§ 8-5 V带传动的张紧装置 .....180	§ 10-10 变位齿轮传动强度计算概述 .....245
§ 8-6 其他带传动简介 .....181	§ 10-11 齿轮的结构设计 .....247
习题 .....183	§ 10-12 齿轮传动的润滑 .....251
<b>第九章 链传动</b> .....184	§ 10-13 圆弧齿圆柱齿轮传动简介 .....253
§ 9-1 链传动的特点及应用 .....184	本章附录 .....253
§ 9-2 传动链的结构特点 .....185	习题 .....256
§ 9-3 滚子链链轮的结构和材料 .....188	<b>第十一章 蜗杆传动</b> .....258
§ 9-4 链传动的运动特性 .....191	§ 11-1 蜗杆传动的类型、特点及应用.....258
§ 9-5 链传动的受力分析 .....194	§ 11-2 普通圆柱蜗杆传动的 主要参数及几何尺寸计算 .....261
§ 9-6 滚子链传动的设计计算 .....195	§ 11-3 普通圆柱蜗杆传动承载能力的计算 .....266
§ 9-7 链传动的布置、张紧和润滑.....201	§ 11-4 圆弧齿圆柱蜗杆传动的设计计算 .....273
习题 .....205	§ 11-5 蜗杆传动的效率、润滑及热平衡计算...276
<b>第十章 齿轮传动</b> .....206	§ 11-6 普通圆柱蜗杆和蜗轮的结构设计 .....281
§ 10-1 概述 .....206	习题 .....284
§ 10-2 齿轮传动的失效形式及设计准则 .....206	
§ 10-3 齿轮的材料及其选择原则 .....209	
§ 10-4 齿轮传动的计算载荷 .....212	

### 第四篇 轴系零、部件

<b>第十二章 滑动轴承</b> .....285	§ 13-2 滚动轴承的主要类型及其代号 .....316
§ 12-1 概述 .....285	§ 13-3 滚动轴承类型的选择 .....321
§ 12-2 滑动轴承的典型结构 .....286	§ 13-4 滚动轴承的工作情况 .....323
§ 12-3 轴瓦的材料和结构 .....289	§ 13-5 滚动轴承尺寸的选择 .....326
§ 12-4 非液体摩擦滑动轴承的设计计算 .....296	§ 13-6 轴承装置的设计 .....335
§ 12-5 向心动压滑动轴承的工作情况及 主要几何参数 .....298	§ 13-7 其他 .....346
§ 12-6 液体摩擦动压向心滑动轴承的设计 .....300	习题 .....349
§ 12-7 滑动轴承润滑剂的选择 .....310	<b>第十四章 联轴器和离合器</b> .....350
§ 12-8 静压轴承简介 .....311	§ 14-1 概述 .....350
§ 12-9 气体润滑轴承简介 .....313	§ 14-2 联轴器 .....351
习题 .....314	§ 14-3 离合器 .....357
<b>第十三章 滚动轴承</b> .....315	§ 14-4 安全联轴器及安全离合器 .....362
§ 13-1 概述 .....315	§ 14-5 特殊功用及特殊构造 的联轴器及离合器 .....364

习题 .....	365	§ 15-3 轴的结构设计 .....	369
<b>第十五章 轴</b> .....	367	§ 15-4 轴的计算 .....	375
§ 15-1 轴的分类及用途 .....	367	§ 15-5 钢丝软轴简介 .....	381
§ 15-2 轴的材料 .....	368	习题 .....	387

## 第五篇 其他零、部件

<b>第十六章 弹簧</b> .....	389	§ 17-2 机座及箱体的剖面形状及肋板布置 .....	413
§ 16-1 弹簧的功用和类型 .....	389	§ 17-3 机座及箱体设计概要 .....	415
§ 16-2 圆柱螺旋弹簧的结构、 制造、材料及许用应力 .....	390	<b>第十八章 减速器</b> .....	417
§ 16-3 圆柱螺旋压缩(拉伸) 弹簧的设计计算 .....	395	§ 18-1 常用减速器的主要类型、特点和应用 .....	417
§ 16-4 圆柱螺旋扭转弹簧的设计计算 .....	405	§ 18-2 减速器的主要参数 和传动比的分配原则 .....	420
§ 16-5 其他类型弹簧简介 .....	408	§ 18-3 减速器的结构和润滑 .....	423
习题 .....	411	<b>附录 常用量的名称、单位、符号 及换算关系表</b> .....	426
<b>第十七章 机座及箱体</b> .....	412	<b>参考书刊</b> .....	427
§ 17-1 概述 .....	412		



# 第一篇 总 论

本篇概括地阐明与本课程普遍有关的内容,包括第一章至第四章,分别讲述“绪论”、“机械及机械零件设计概要”、“机械零件的强度”和“摩擦、磨损及润滑概述”等。

## 第一章 绪 论

### § 1-1 机器在经济建设中的作用

机器的主要优点是:既能承担人力所不能或不便进行的工作,又能较人工生产改进产品质量,特别是能够大大提高劳动生产率和改善劳动条件。同时,只有使用机器,才能集中进行大量生产,并对生产进行严格的分工与科学的管理;也只有使用机器,才便于实现产品的标准化、系列化和通用化,尤其是便于实现高度的机械化、电气化和自动化。因此,机械工业能够起到为国民经济各部门提供技术装备和促进技术改造的重要作用。通过大量设计制造和广泛使用各种各样先进的机器,就能促进国民经济的发展,推动我国的社会主义现代化建设。

### § 1-2 机器的基本组成要素

在一部现代化的机器中,常会包含着机械、电气、液压、气动、润滑、冷却、控制、监测等等系统中的部分或全部,但是机器的主体,仍然是它的机械系统。无论分解哪一部机器,它的机械系统总是由一些机构组成;每个机构又是由许多零件组成。所以,机器的基本组成要素就是机械零件。

概括地说,机械零件可分为两大类:一类是在各种机器中经常都能用到的零件,叫做通用零件,如螺钉、齿轮、链轮等;另一类则是在特定类型的机器中才能用到的零件,叫做专用零件,如涡轮机的叶片、飞机的螺旋桨、往复式活塞内燃机的曲轴等。另外,还常把由一组协同工作的零件所组成的独立制造或独立装配的组合体叫做部件,如减速器、离合器等。

应该明确,对于一部机器这个总体来说,一切零件都是它的局部,它们必须受到全局的制约。因而它们在机器中,或按确定的位置相互联接,或按给定的规律作相对运动,共同为完成机器的功能而发挥各自的作用。所以任何机器的性能,都是建立在它的主要零件的性能或某些关键零件的综合性能的基础之上的。由此可知,要想设计出一部很好的机器,必须很好地设计或选择它的零件;而每个零件的设计或选择,又是和整部机器的要求分不开的。所以本书下面除了简要论述机械及零件设计的基本理论、要求及一般方法外,将分章讨论各种通用零件的设计原理或选用

方法。但是它们决不是各自孤立的,而是互相关联、互相影响,共同为设计完整的机器服务的。所以必须牢记,如果不从机器的全局出发,任何一个零件都是不可能正确地设计或选择出来的。

### § 1-3 本课程的内容、性质与任务

本课程的内容是在简要介绍关于整部机器设计的基本知识的基础上,重点讨论一般尺寸和参数的通用零件(巨型、微型及在高速、高压、高温、低温条件下工作的通用零件不在此列),包括它们的基本设计理论和方法,以及有关技术资料的应用等。

本书讨论的具体内容是:

- 1) 总论部分——机器及零件设计的基本原则,设计计算理论,材料选择,结构要求,以及摩擦、磨损、润滑等方面的基本知识;
- 2) 联接部分——螺纹联接,键、花键及无键联接,销钉联接,铆接,焊接,胶接与过盈配合联接等;
- 3) 传动部分——带传动,链传动,齿轮传动,蜗杆传动以及螺旋传动等;
- 4) 轴系部分——滑动轴承,滚动轴承,联轴器与离合器以及轴等;
- 5) 其他部分——弹簧,机座与箱体,减速器等。

由上可知,本课程的性质是以一般通用零件的设计为核心的设计性课程,而且是论述它们的基本设计理论与方法,用以培养学生具有机械设计能力的技术基础课程。

本课程的主要任务是培养学生:

- 1) 掌握通用机械零件的设计原理、方法和机械设计的一般规律,具有设计机械传动装置和简单机械的能力;
- 2) 树立正确的设计思想,了解国家当前的有关技术经济政策;
- 3) 具有运用标准、规范、手册、图册和查阅有关技术资料的能力;
- 4) 掌握典型机械零件的实验方法,获得实验技术的基本训练;
- 5) 对机械设计的新发展有所了解。

在本课程的学习中,要综合运用先修课程中所学的有关知识与技能,结合各种教学实践环节进行机械工程技术人员必要的基本锻炼,为顺利地过渡到学习有关专业课程及进行专业产品和设备的设计打下初步基础。

关于本课程的特点和学习方法,以及本书一些章节的重点、难点和学习注意事项可参阅[58]①。

当前正值我国大力发展国民经济的重要历史时期,各个部门都对机械产品和技术装备提出日益增长的需求,每个机械设计工作者正面临着光荣而艰巨的任务。现代机械设计发展的动向主要是:迅速提高机器的生产率和自动化程度;积极更新设计方法,如采用最优化设计、可靠性设计、计算机辅助设计(Computer Aided Design,简称CAD)等,广泛应用新的理论与技术,如摩

① 本书用带有方括号的数字表示书末所附参考书刊的序号。

擦学、有限元素法、断裂力学、统计强度理论、冲击应力波扩散理论及数控、程控、高性能显示及监测技术等。我们必须刻苦钻研,努力奋斗,树雄心,立壮志,攻难关,攀高峰,不断地用先进的设计理论和生产技术武装和发展我国的机器制造业,密切结合我国国情和具体条件,设计制造出大量切合实际需要、品种齐全、性能优良的机器,以适应我国经济建设的需要。

## 第二章 机械及机械零件设计概要

### § 2-1 机器的组成

机器的发展经历了一个由简单到复杂的过程。人类为了满足生产及生活的需要，设计和制造了类型繁多、功能各异的机器。但是，只是在蒸汽机出现以后，机器才具有了完整的形态。我们可以用图 2-1 来概括地说明一部完整机器的组成。

在图 2-1 中，双线框表示一部机器的基本组成部分，单线框表示附加组成部分。这里的着眼点在于它们的功能，并不涉及它们的复杂性。

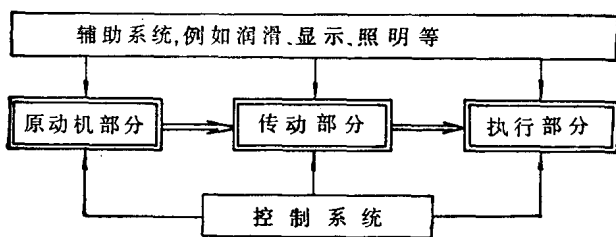


图 2-1 机器的组成

**原动机部分**是驱动整部机器以完成预定功能的动力源。通常一部机器只用一个原动机，复杂的机器也可能有好几个动力源。一般地说，它们都是把其他形式的能量转换为可以利用的机械能。从历史发展来说，最早被用来作为原动部分的是人力或畜力。此后水力机及风力机相继出现。工业革命以后，主要是利用蒸汽机（包括汽轮机）及内燃机。电动机的出现，使一切可以得到电力供应的地方几乎全部使用了电动机作为原动机。现代机器中使用的原动机大致是以各式各样的电动机和热力机为主。

原动机的动力输出绝大多数呈旋转运动的状态，输出一定的转矩。在少数情况下也有用直线运动马达或作动筒以直线运动的形式输出一定的推力或拉力。

**执行部分**是用来完成机器预定功能的组成部分。一部机器可以只有一个执行部分（例如压路机的压辊）；也可以把机器的功能分解成好几个执行部分（例如桥式起重机的卷筒、吊钩部分执行上下吊放重物的功能，小车行走部分执行横向运送重物的功能，大车行走部分执行纵向运送重物的功能）。

由于机器的功能是各式各样的，所以要求的运动形式也是各式各样的。同时，所要克服的阻力也会随着工作情况而异。但是原动机的运动形式、运动及动力参数却是有限的，而且是确定的。这就提出了必须把原动机的运动形式、运动及动力参数转变为执行部分所需的运动形式、运动及动力参数的问题。这个任务就是靠**传动部分**来完成的。也就是说，机器中之所以必须有传

动部分，就是为了解决运动形式、运动及动力参数的转变。例如把旋转运动变为直线运动，高转速变为低转速，小转矩变为大转矩等。

简单的机器就只由上述三个基本部分组成。随着机器的功能越来越复杂，对机器的精确度要求也就越来越高，如机器只有以上三个基本部分，使用起来就会遇到很大的困难。所以机器除了以上三个部分外，还会不同程度地增加其他部分，例如控制系统和辅助系统等。

机器的传动部分多数使用机械传动系统。有时也可使用液压或电力传动系统。机械传动是绝大多数机器不可缺少的重要组成部分。

以汽车为例，发动机（汽油机或柴油机）是汽车的原动机；离合器、变速箱、传动轴和差速器组成传动部分；车轮、悬挂系统及底盘（包括车身）是执行部分；方向盘和转向系统、排档杆、刹车及其踏板、离合器踏板及油门组成控制系统；油量表、速度表、里程表、润滑油温度表及蓄电池电流表、电压表等组成显示系统；后视镜、车门锁、刮雨器等为其他辅助装置；前后灯及仪表盘灯组成照明系统。

## § 2-2 设计机器的一般程序

一部机器的质量基本上决定于设计质量。制造过程对机器质量所起的作用，本质上就在于实现设计时所规定的质量。因此，机器的设计阶段是决定机器好坏的关键。

本书中所讨论的设计过程仅指狭义的技术性的设计过程。它是一个创造性的工作过程，同时也是一个尽可能多地利用已有的成功经验的工作。要很好地把继承与创新结合起来，才能设计出高质量的机器。作为一部完整的机器，它是一个复杂的系统。要提高设计质量，必须有一个科学的设计程序。虽然不可能列出一个在任何情况下都有效的唯一程序，但是，根据人们设计机器的长期经验，一部机器的设计程序基本上可以如表 2-1 所示。

以下对各阶段分别加以简要说明。

### （一）计划阶段

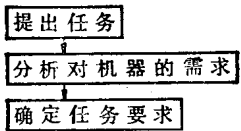
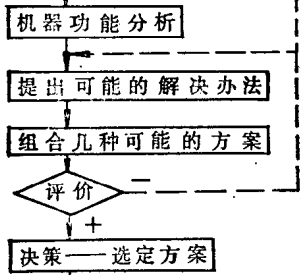
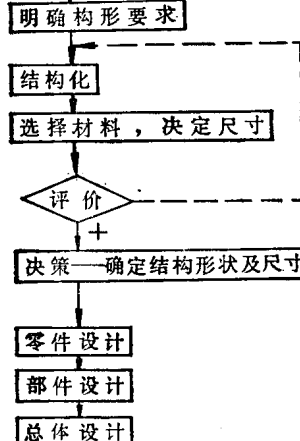
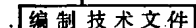
在根据生产或生活的需要提出所要设计的新机器后，计划阶段只是一个预备阶段。此时，对所要设计的机器仅有一个模糊的概念。

在计划阶段中，应对所设计的机器的需求情况作充分的调查研究和分析。通过分析，进一步明确机器所应具有的功能，并为以后的决策提出由环境、经济、加工以及时限等各方面所确定的约束条件。在此基础上，明确地写出设计任务的全面要求及细节，最后形成设计任务书，作为本阶段的总结。设计任务书大体上应包括：机器的功能，经济性的估计，制造要求方面的大致估计，基本使用要求，以及完成设计任务的预计期限等。此时，对这些要求及条件一般也只能给出一个合理的范围，而不是准确的数字。例如可以用必须达到的要求、最低要求、希望达到的要求等方式予以确定。

### （二）方案设计阶段

本阶段对设计的成败起关键的作用。在这一阶段中也充分地表现出设计工作有多个解（方案）的特点。

表 2-1 设计机器的一般程序

设计的阶段	工作步骤	阶段的目标
计划		设计任务书
方案设计		提出原理性的设计方案——原理图或机器运动简图
技术设计		总体设计草图及部件装配草图,并绘制出零件图,部件装配图及总装图
技术文件的编制		编制计算说明书、使用说明书、工艺文件等

机器的功能分析,就是要对设计任务书提出的机器功能中必须达到的要求、最低要求及希望达到的要求进行综合分析,即这些功能能否实现,多项功能间有无矛盾,相互间能否替代等。最后确定出功能参数,作为进一步设计的依据。在这一步骤中,要恰当处理需要与可能、理想与现实、发展目标与当前目标等之间可能产生的矛盾问题。

确定出功能参数后,即可提出可能的解决办法,亦即提出可能采用的方案。寻求方案时,可按原动部分、传动部分及执行部分分别进行讨论。较为常用的办法是先从执行部分开始

讨论。

讨论机器的执行部分时，首先是关于工作原理的选择问题。例如，设计制造螺钉的机器时，其工作原理既可采用在圆柱形毛坯上用车刀车削螺纹的办法，也可采用在圆柱形毛坯上用滚丝模滚压螺纹的办法。这就提出了两种不同的工作原理。工作原理不同，当然所设计出的机器就会根本不同。特别应当强调的是，必须不断地研究和发展新的工作原理。这是设计技术发展的重要途径。

根据不同的工作原理，可以拟定多种不同的执行机构的具体方案。例如仅以切削螺纹来说，既可以采用工件只作旋转运动而刀具作直线运动来切削螺纹（如在普通车床上切削螺纹），也可以使工件不动而刀具作转动和移动来切削螺纹（如用板牙加工螺纹）。这就是说，即使对于同一种工作原理，也可能有几种不同的结构方案。

原动部分的方案当然也可以有多种选择。由于电力供应的普遍性和电力拖动技术的发展，现在可以说绝大多数的固定机械都优先选择电动机作为原动部分。热力原动机主要用于运输机、工程机械或农业机械。即使是用电动机作原动机，也还有交流和直流的选择，高转速和低转速的选择等。

传动部分的方案就更为复杂、多样了。对于同一传动任务，可以有多种机构及不同机构的组合来完成。因此，如果用  $N_1$  表示原动部分的可能方案数， $N_2$  和  $N_3$  分别代表传动部分和执行部分的可能方案数，则机器总体的可能方案数  $N$  为

$$N = N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \quad (2-1)$$

以上仅就组成机器的三个主要部分讨论的。有时，还须考虑到配置辅助系统。本书不再讨论。

在如此众多的方案中，技术上可行的仅有几个。对这几个可行的方案，要从技术方面和经济性方面进行综合评价。评价时可采用的方法很多。现以经济性评价为例略作说明。根据经济性进行评价时，既要考虑到设计及制造时的经济性，也要考虑到使用时的经济性。如果机器的结构方案比较复杂，则其设计制造成本就要相对地增大，可是其功能将更为齐全，生产率也较高，故使用经济性也较好。反过来，结构较为简单、功能不够齐全的机器，设计及制造费用虽少，但使用费用却会增多。这一考虑问题的思路导出图 2-2 所示的机器经济性-费用曲线。把设计制造费用和使用费用加起来得到总费用。总费用最低处所对应的机器复杂程度就是最优的复杂程度。相应于这一复杂程度的机器结构方案就应是最佳方案。

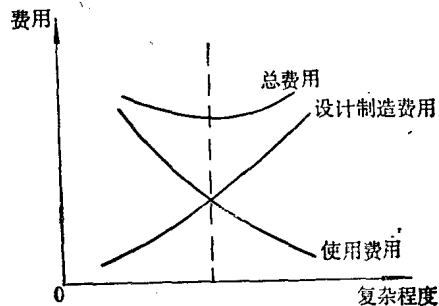


图 2-2 机器经济性-费用曲线

评价结构方案的设计制造经济性时，还可以用单位功效的成本来表示。例如单位输出功率的成本、单件产品的成本等。

进行机器评价时，还必须对机器的可靠性进行分析。把可靠性作为一项评价的指标。从可

可靠性的观点来看,盲目地追求复杂的结构往往是不明智的。一般地讲,系统越复杂,则系统的可靠性就越低。为了提高复杂系统的可靠性,就必须增加并联备用系统,而这不可避免地会提高机器的成本。

通过对方案的评价,最后进行决策,即确定一个据以进行下一步技术设计的原理图或机构运动简图。

在方案设计阶段,要正确地处理好借鉴与创新的关系。同类机器成功的先例应当借鉴,原先薄弱环节及不符合现有任务要求的部分应当加以改进或者根本改变。既要反对保守和照搬原有设计,也要反对一味求新而把合理的原有经验弃置不用这两种错误倾向。

### (三) 技术设计阶段

技术设计阶段的目标是产生总装配草图及部件装配草图。通过草图设计确定出各部件及其零件的外形及基本尺寸,包括各部件之间的联接零、部件的外形及基本尺寸。

为了确定主要零件的基本尺寸,必须做以下工作:

1) 机器的运动学设计 根据确定的结构方案,确定原动机的参数(功率、转速、线速度等)。然后作运动学计算,从而确定各运动构件的运动参数(转速、速度、加速度等)。

2) 机器的动力学计算 结合各部分的结构及运动参数,计算各主要零件上所受载荷的大小及特性。此时所求出的载荷,由于零件尚未设计出来,因而只是作用于零件上的公称(或名义)载荷。

3) 零件的工作能力设计 已知主要零件所受的公称载荷的大小和特性,即可作零、部件的初步设计。设计所依据的工作能力准则,须参照零、部件的一般失效情况、工作特性、环境条件等合理地拟定。一般有强度、刚度、振动稳定性、寿命等准则。通过计算或类比,即可决定零、部件的基本尺寸。

4) 部件装配草图及总装配草图的设计 根据已定出的主要零、部件的基本尺寸,设计出部件装配草图及总装配草图。草图上需对所有零件的外形及尺寸进行结构化设计。在此步骤中,需要很好地协调各零件的结构及尺寸,全面地考虑所设计的零、部件的结构工艺性,使全部零件有最合理的构形。

5) 主要零件的校核 有一些零件,在上述第3步中由于具体的结构未定,难于进行详细的工作能力计算,所以只能作初步计算及设计。在绘出部件装配草图及总装配草图以后,所有零件的结构及尺寸均为已知,相互邻接的零件之间的关系也为已知。只有在这时,才可以较为精确地定出作用在零件上的载荷,决定影响零件工作能力的各个细节因素。只有在此条件下,才有可能并且必须对一些重要的或者外形及受力情况复杂的零件进行精确的校核计算。根据校核的结果,反复地修改零件的结构及尺寸,直到满意为止。

在技术设计的各个步骤中,近三、四十年来发展起来的优化设计技术,越来越显示出它可使结构参数的选择达到最佳的能力。有限元素法可使以前难以定量计算的问题求得极好的近似定量计算的结果。对于少数非常重要、结构复杂且价格昂贵的零件,在必要时还须用模型试验方法来进行设计,即按初步设计的图纸制造出模型,通过试验,找出结构上的薄弱部位或多余的剖面



尺寸,据以进行加强或减少来修改原设计,最后达到完善的程度。机械可靠性理论用于技术设计阶段,可以按可靠性的观点对所设计的零、部件结构及其参数作出是否满足可靠性要求的评价,提出改进设计的建议,从而进一步提高机器的设计质量。上述一些设计方法和概念,应当在设计中加以应用与推广,使之得到相应的发展。

草图设计完成以后,即可根据草图业已确定的零件基本尺寸,设计零件的工作图。此时,仍有大量的零件结构细节要加以推敲和确定。设计工作图时,要充分考虑到零件的加工和装配工艺性、零件在加工过程中和加工完成后的检验要求和实施方法等。有些细节安排如果对零件的工作能力有值得考虑的影响时,还须返回去重新校核工作能力。最后绘制出除标准件以外的全部零件的工作图。

按最后定型的零件工作图上的结构及尺寸,重新绘制部件装配图及总装配图。通过这一工作,可以检查出零件工作图中可能隐藏的尺寸和结构上的错误。人们把这一工作通俗地称为“假装配”。

#### (四) 技术文件编制阶段

技术文件的种类较多,常用的有机器的设计计算说明书、使用说明书、标准件明细表等。

编制设计计算说明书时,应包括方案选择及技术设计的全部结论性的内容。

编制用户的机器使用说明书时,应向用户介绍机器的性能参数范围、使用操作方法、日常保养及简单的维修方法、备用件的目录等。

其他技术文件,如检验合格单、外购件明细表、验收条件等,视需要与否另行编制。

在技术设计和技术文件编制阶段,计算机辅助设计(简称CAD)技术可以发挥重大作用。利用计算机快速运算及大规模贮存的能力,可以极大地提高计算精度,消除设计中的人为差错,从而提高设计质量及加快设计进度。

以上简要地介绍了机器的设计程序。广义地讲,在机器的制造过程中,随时都有可能由于工艺原因而修改设计的情况。如需修改时,则应遵循一定的审批程序。机器出厂后,用户在使用过程中也会给设计部门反馈使用中出现的問題。设计部门根据这些信息,经过分析,也有可能对原设计进行修改,甚至改型。这些工作,虽然广义上也属设计程序的组成部分,但究竟是属于另一个层次的问题,本书不再讨论其具体的内容。但是作为设计工作者,应当有强烈的社会责任感,要把自己工作的视野延伸到制造及使用的全过程中去,反复不断地改进设计,才能使机器的质量继续不断地提高,更好地满足生产及生活的需要。

### § 2-3 对机器的主要要求

设计机器的任务是在当前技术发展所能达到的条件下,根据生产及生活的需要提出的。不管机器的类型如何,一般来说,会对机器提出以下的基本要求:

#### (一) 使用功能要求

机器应具有预定的使用功能。这主要靠正确地选择机器的工作原理,正确地设计或选用能够全面实现功能要求的执行机构、传动机构和原动机,以及合理地配置必要的辅助系统来实现。